

**DAMPAK PERUBAHAN TATAGUNA LAHAN TERHADAP KESEIMBANGAN AIR  
WILAYAH PULAU SERAM  
STUDI KASUS : DAS WAY PIA DI KABUPATEN MALUKU TENGAH, PROVINSI  
MALUKU**

S. Laimeheriwa

Program Studi Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Pattimura  
Jl. Ir. M. Putuhena, Poka, Ambon 97233  
Email. laimeheriwasamuel@yahoo.co.id

---

**ABSTRAK**

Penelitian ini dilakukan untuk menduga nilai-nilai parameter yang menggambarkan karakteristik fisik daerah aliran sungai (DAS) dan komponen neraca air bulanan, serta mengetahui kepekaan komponen neraca air terhadap perubahan nilai parameter akibat perubahan fisik yang terjadi pada DAS Way Pia, Pulau Seram. Metode yang digunakan adalah perhitungan neraca air wilayah pada kondisi saat ini (normal) dan pada saat terjadi perubahan tataguna lahan, menggunakan model evapoklimatonomi. Masukan utama model adalah nilai bulanan curah hujan, radiasi global dan limpasan. Analisis data dilakukan dengan lima tahapan kegiatan sebagai berikut: (1) formulasi matematika model evapoklimatonomi, (2) penyusunan algoritme dan transfer ke kode komputer, (3) parameterisasi dan kalibrasi, (4) validasi model, dan (5) eksperimentasi model. Karakteristik fisik DAS Way Pia saat ini dicirikan oleh nilai rata-rata parameter albedo,  $a = 0,16$ ; nilai ambang curah hujan,  $P_n = 100$  mm; nisbah limpasan langsung,  $n_p = 0,23$ ; evaporiti,  $ep = 0,42$ ; ukuran kehilangan air dari bawah permukaan,  $vN = 0,12$ ; dan ukuran penguapan air tanah dari bawah permukaan,  $vE = 0,20$ . Keluaran model neraca air pada kondisi saat ini terdiri dari nilai tahunan lengas tanah,  $m = 272$  mm; evapotranspirasi total,  $E = 1393$  mm, dan limpasan total,  $N = 920$  mm. Perubahan tataguna lahan berupa pembukaan hutan akan meningkatkan nilai parameter  $a$  dan  $n_p$ , yang berpengaruh terhadap peningkatan limpasan langsung ( $N'$ ) sebesar 13% dibandingkan kondisi saat ini.

Kata kunci: tataguna lahan, neraca air, daerah aliran sungai, evapoklimatonomi

**IMPACT OF LAND USE CHANGE ON REGIONAL WATER BALANCE IN SERAM  
ISLAND  
CASE STUDY: WAY PIA CATCHMENT AREA IN CENTRAL MALUKU DISTRICT,  
MALUKU PROVINCE**

**ABSTRACT**

This research was conducted to estimate the values of parameters which described the physical characteristics of catchments area and monthly water balance components, and understand the sensitivity of the water balance components to change in the parameter value due to the physical changes occurring in Way Pia catchments area, Ceram Island. The method used involved calculation of the regional water balance in the current time (normal) and during the time of land use change, using an evapoclimatology model. The main model inputs were monthly rainfall, global radiation and run off. Analyses of data were conducted with five steps as follows : (1) mathematical formulation of the evapoclimatology model, (2) algorithm formation and transfer to computer code, (3) establishment of parameters and calibration, (4) validation of model, and (5) experimentation of model. The current physical conditions of Way Pia catchments area were characterized by: average of parameter value of albedo,  $a = 0,16$ ; rainfall threshold,  $P_n = 100$  mm; surface run off ratio,  $n_p = 0,23$ ; evapority,  $ep = 0,42$ ; measure of soil water loss from sub surface,  $vN = 0,12$ ; and measure of evapotranspiration of soil water from sub surface,  $vE = 0,20$ . Model output of the current water balance consisted of annual value of soil moisture,  $m = 272$  mm; total evapotranspiration,  $E = 1393$  mm, and total run off,  $N = 920$  mm. The land use change in the form of land clearing will increase the parameter values of  $a$  and  $n_p$ , which affect on increasing of direct run off ( $N'$ ) of 13% as compared to current conditions.

Key words: land use, water balance, watershed, evapoclimatology

---

## PENDAHULUAN

Pulau Seram dengan luas wilayah 18.625 km<sup>2</sup> merupakan pulau terbesar dalam gugusan kepulauan di Provinsi Maluku yang hingga tahun 2012 termasuk dalam tiga wilayah kabupaten; dua diantaranya merupakan wilayah kabupaten pemekaran. Salah satu tuntutan pemekaran wilayah (daerah otonom baru) adalah berupa percepatan pembangunan infrastruktur untuk menunjang kelancaran pembangunan di berbagai sektor. Adanya percepatan pembangunan fisik (infrastruktur), pertumbuhan penduduk dengan laju sekitar 2,18% per tahun (data penduduk Maluku tahun 2000-2009; BPS Maluku, 2010), kemungkinan ekstensifikasi areal pertanian, dan eksploitasi sumberdaya hutan yang terus menerus dengan laju deforestasi 2,04 % per tahun (Departemen Kehutanan, 2002) mempunyai konsekuensi logis berupa perubahan proporsi penutupan lahan oleh vegetasi. Dari aspek hidrologi, perubahan tata guna lahan ini akan berpengaruh langsung terhadap karakteristik penutupan lahan sehingga akan mempengaruhi sistem tata air wilayah.

Laporan Dinas Kehutanan Provinsi Maluku (BPS Maluku, 2009), menyatakan bahwa sedikitnya terdapat delapan daerah aliran sungai (DAS) di Pulau Seram, terutama pada areal bekas Usaha Pemanfaatan Hasil Hutan Kayu pada Hutan Alam (UPHHK-HA) yang diidentifikasi berada dalam keadaan kritis. Berkaitan dengan hal tersebut, maka diperlukan suatu pendekatan holistik yang mengarah kepada perbaikan kualitas lingkungan dan tindakan-tindakan antisipatif terkait dengan aktivitas-aktivitas yang berdimensi biofisik. Pendekatan ekosistem DAS sebagai unit pengelola sumberdaya alam merupakan salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk menyelesaikan berbagai permasalahan kompleks yang timbul oleh adanya kegiatan pembangunan yang menggunakan sumberdaya alam sebagai masukannya.

Mencermati uraian di atas, maka suatu studi tentang dampak perubahan tata guna lahan terhadap keseimbangan (neraca) air wilayah dilakukan untuk memperoleh gambaran tentang kondisi hidrologis suatu wilayah DAS baik pada kondisi saat ini maupun pada saat terjadi perubahan fisik DAS. Informasi yang diperoleh dari penghitungan neraca air wilayah tersebut dapat digunakan sebagai salah satu bahan pertimbangan dalam pengelolaan DAS.

DAS Way Pia dipilih dalam penelitian ini berdasarkan tiga pertimbangan, yaitu (1) kawasan DAS Way Pia yang terdiri dari hutan, pemukiman, kebun rakyat, dan sumber air mempunyai arti penting bagi penduduk yang berada dalam kawasan DAS maupun penduduk di sekitarnya, (2) adanya rekomendasi untuk kegiatan UPHHK-HA di bagian utara wilayah DAS tersebut; dimana kegiatan ini akan merubah kondisi fisik DAS yang selanjutnya akan berpengaruh terhadap kondisi tata air wilayah, dan (3) ketersediaan data masukan untuk analisis neraca air tersedia.

Tujuan dari penelitian ini adalah menduga nilai parameter-parameter yang menggambarkan karakteristik fisik DAS; menghitung nilai-nilai komponen neraca air bulanan DAS Way Pia; dan mengetahui kepekaan komponen-komponen neraca air terhadap perubahan nilai parameter akibat perubahan fisik yang terjadi pada DAS.

## METODOLOGI

Wilayah penelitian adalah DAS Way Pia di Kabupaten Maluku Tengah, Provinsi Maluku yang terletak sekitar 02°58'–03°14' Lintang Selatan dan 128°52'–129°02' Bujur Timur tepatnya di Pulau Seram bagian selatan dengan luas 275 km<sup>2</sup> dan berada pada elevasi 0–900 m dpl.

### 1. Data Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah nilai bulanan debit, curah hujan,

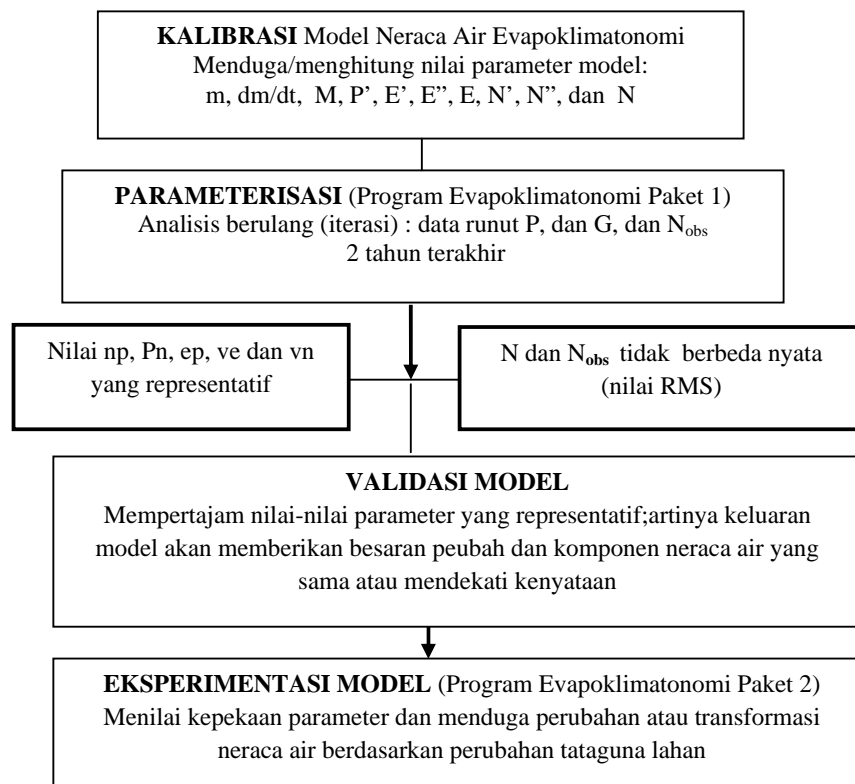
dan radiasi global serta data penunjang lainnya. Data debit yang digunakan untuk membangkitkan data limpasan diperoleh dari Pos Duga Air pada Induk Sungai Way Pia. Data curah hujan 30 tahun terakhir dan radiasi 10 tahun terakhir diambil dari Stasiun Meteorologi Amahai. Data radiasi yang tersedia hanya lama penyinaran, sehingga dilakukan pendugaan radiasi global menggunakan Persamaan Angstrom (1924); Tabel Smithsonian (List, 1968); Tabel Doorenbos dan Kassam (1979); Konstanta Glover dan McCulloch (1958) serta Konstanta Oldeman dan Frere (1980).

Disamping itu, diperlukan pula data keadaan DAS dan peta-peta seperti tanah, lereng, tataguna lahan, tapak proyek dan rencana kegiatan UPHHK-HA, serta data/peta penunjang lainnya. Data yang dikumpulkan sebagian besar merupakan data sekunder yang diperoleh dari berbagai instansi dan referensi ilmiah yang relevan. Data yang tidak tersedia atau kurang lengkap akan dibangkitkan melalui pendekatan

statistik-matematik berdasarkan indikator fisik wilayah.

## 2. Metode Analisis

Penelitian ini menggunakan model evapoklimatonomi dalam perhitungan neraca air wilayah yang ditujukan untuk menduga status neraca air wilayah pada kondisi saat ini dan pada saat terjadi perubahan tataguna lahan (kegiatan UPHHK-HA). Prosedur penyusunan model bertitik tolak dari formula yang sudah ada; dikemas dalam program komputer dengan bahasa 'Visual Basic Versi 6.0. Analisis data dilakukan dengan lima tahapan kegiatan (Laimeheriwa, 1994; Bey, 2003): sebagai berikut: (1) formulasi matematika model evapoklimatonomi, (2) penyusunan algoritme dan transfer ke kode komputer, (3) verifikasi atau parameterisasi, (4) validasi model, dan (5) eksperimentasi model. Secara skematik, diagram alir tahapan pemodelan disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Tahapan Pemodelan Evapoklimatonomi

Bentuk sederhana persamaan neraca air untuk suatu wilayah dapat ditulis sebagai berikut (Lettau dan Baradas, 1973 dan Mather, 1978):

$$P = N + E + dm/dt$$

$$P = N' + N'' + E' + E'' + dm/dt$$

$$N' = np \cdot (P - P_n), \text{ dimana } N' = 0 \text{ jika } P_n \leq P$$

$$E' = ep \cdot (P - N') \cdot (1 - a) \cdot G/F_b$$

$$P' = P - E' - N'$$

$$dm/dt = P' - E'' - N''$$

$$N'' = v_n \cdot m$$

$$E'' = v_e \cdot m$$

$$dm/dt = P' - v \cdot m \text{ atau } dm/dr = t^* \cdot P' - m = M - m$$

$$m = e^{-r} \cdot (m_i + \int_0^r M \cdot e^r dr)$$

Komponen masukan, parameter dan keluaran model adalah sebagai berikut :

Masukan Model: P=curah hujan; G=intensitas radiasi surya global; F=intensitas radiasi surya yang diserap permukaan; Nobs= limpasan permukaan (hasil pengamatan).

Parameter Model: a=albedo permukaan; m<sub>b</sub>=lengas tanah rata-rata; np= faktor koreksi nisbah limpasan langsung; P<sub>n</sub>=nilai ambang curah hujan; ep=nilai evaporiti; E'/E= nisbah evapotranspirasi langsung terhadap evapotranspirasi total; v<sub>N</sub>= ukuran kehilangan air dari bawah permukaan lahan; v<sub>E</sub>= ukuran penguapan lengas tanah.

Keluaran Model: m=lengas tanah; dm/dt= perubahan lengas tanah bulanan; E'=evapotranspirasi langsung; E''= evapotranspirasi tidak langsung; E= evapotranspirasi total; N'= limpasan langsung (*surface run off*); N''= limpasan tidak langsung (*sub surface run off*); N= limpasan total (*run off*).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1. Keadaan Umum DAS Way Pia

Wilayah DAS Way Pia dengan luas 27.500 ha berbatasan dengan Sub DAS Way Rinsi dan Way Nari di sebelah barat dan DAS

Way Ruata di sebelah timur. DAS yang berada pada elevasi 0 – 900 m dpl ini mempunyai topografi dari datar (lereng 0 – 8%), landai (lereng 8 – 15%), agak curam (lereng 15 – 25%) sampai curam (25 – 40%); didominasi oleh kelas lereng 8% – 25%, yaitu sekitar 84% dari total luas wilayah DAS (PT. Albasi Priangan Lestari, 2009).

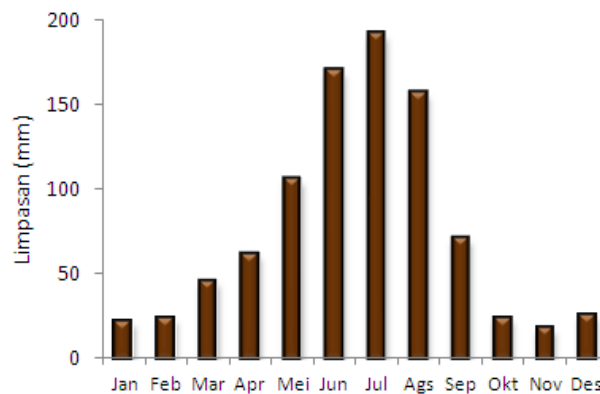
Berdasarkan hasil penelitian sebelumnya dan hasil pengecekan lapangan, di wilayah studi dijumpai jenis tanah Endoaquepts, Udorthents, Dystrudepts, Haprendolls, Hapludalfs dan Hapludults. Tanah-tanah ini tergolong dalam tanah muda sampai tanah tua berdasarkan tingkat perkembangannya. Tanah muda adalah Endoaquepts, tanah sementara berkembang adalah Dystrudepts dan Haprendolls, dan tanah berkembang lanjut adalah Hapludalfs dan Hapludults (Sahetapy, 2009).

Hasil penafsiran Citra Landsat menunjukkan bahwa penutupan vegetasi di DAS Way Pia terdiri dari hutan bekas tebangan (53,54%), hutan primer (29,99%), dan tidak berhutan (16,47%). Dari hasil laporan survey, ditemukan vegetasi hutan didominasi oleh jenis pohon meranti (*Shorea* spp.), nyatoh (*Palaquium* spp.), bintangor (*Calophyllum* spp.), matoa (*Pometia* spp.). Vegetasi hutan lainnya yang ditemukan adalah kayu merah, kayu papua, katapang, pulai, binuang, marong, jambu hutan, haleki, gondal, dan jenis pohon lainnya (Silaya, 2009).

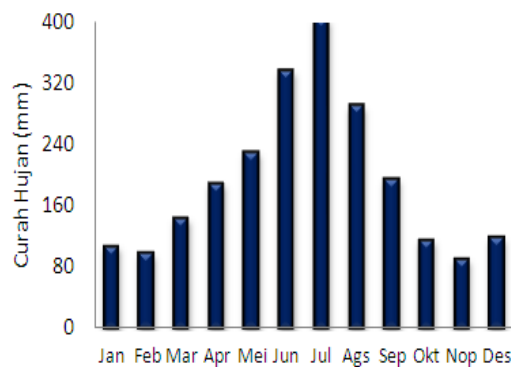
Laimeheriwa (2009) melaporkan bahwa curah hujan rata-rata tahunan di wilayah ini cukup tinggi (2313 mm), terdiri dari curah hujan selama musim hujan (April-September) sebesar 1643 mm atau 70% dan curah hujan musim kemarau (Oktober-Maret) sebesar 670 mm atau 30% dari curah hujan setahun. Terlihat pada Gambar 2 bahwa pola curah hujan di lokasi studi adalah uni-modal (satu puncak) dengan puncaknya pada bulan Juli dan terendah pada bulan November dan Februari.

Sungai-sungai yang mengalir di dalam dan di sekitar lokasi studi yaitu Wae Oweh, Wae Mala, Wae Rinsi, Wae Nari, Wae Pia, Wae Ruata. Pola aliran sungai umumnya dentritik dengan arah aliran dari Utara ke Selatan bermuara di Teluk Elpaputih. Lebar rata-rata sungai-sungai tersebut adalah 25-110 meter dengan kedalaman berkisar 7-23 m. Umumnya sungai-sungai di lokasi studi mempunyai dataran banjir yang luas seperti Sungai Wae Pia, Wae Ruata dan Wae Mala (PT. Albasi Priangan Lestari, 2009). Berdasarkan data debit 10 tahun terakhir yang

tercatat di Pos Duga Air pada Induk Sungai Way Pia menunjukkan bahwa aliran terbesar yang pernah terjadi adalah sebesar 56.33 m<sup>3</sup>/det ketika terjadi kondisi curah hujan ekstrim pada bulan Juli dan Agustus yang besarnya 556 hingga 749 mm dan debit minimum sebesar 1,58 m<sup>3</sup>/det ketika curah hujan bulan Januari yang kurang dari 90 mm. Gambar 3 berikut ini menyajikan hasil analisis hidrograf, berupa nilai limpasan bulanan (rata-rata) yang terjadi di DAS Way Pia.



Gambar 2. Pola dan distribusi curah hujan di wilayah



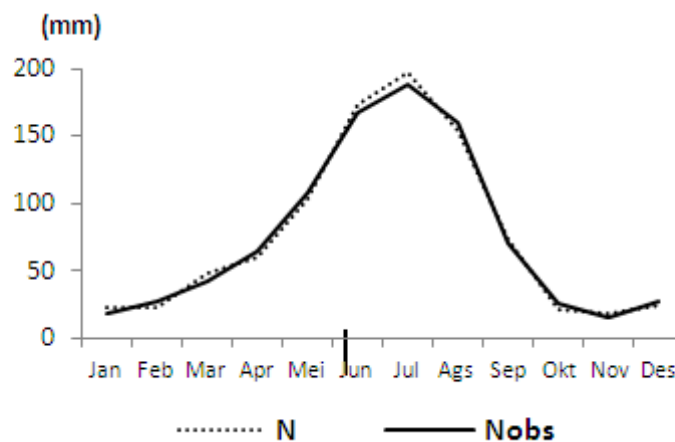
Gambar 3. Limpasan hasil pengamatan (Nobs) di DAS Way Pia

#### Perhitungan Neraca Air Wilayah Model Evapoklimatonomi

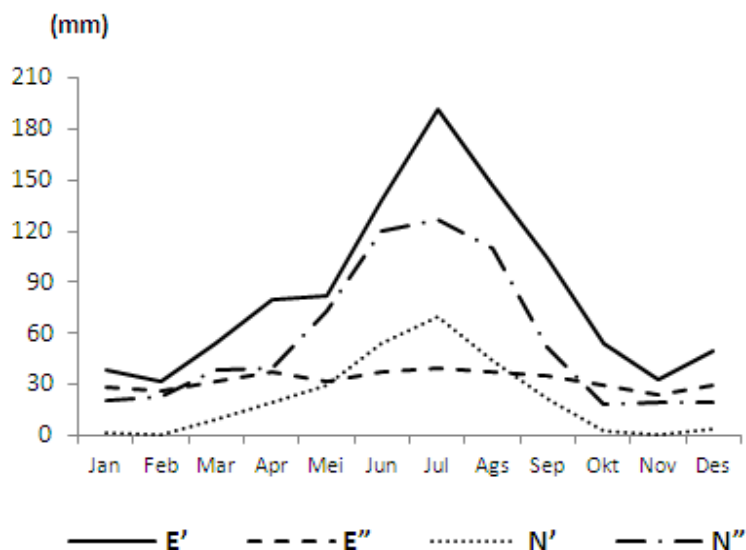
##### 1. Kalibrasi dan validasi model

Untuk menduga variasi bulanan nilai komponen neraca air DAS Way Pia diperlukan data masukan dan nilai parameter yang mewakili kondisi DAS saat ini (Tabel 1). Masukan utama dalam kalibrasi model adalah data curah hujan, limpasan dan radiasi global. Nilai parameter diperoleh melalui cara kalibrasi secara berulang (iterasi) hingga mendapatkan nilai parameter yang representatif (Tabel 2). Nilai Parameter  $a$ ,  $vE$  dan  $vN$  cenderung berubah antar bulan sedangkan parameter  $Pn$ ,  $np$  dan  $ep$  tidak

berbeda antar bulan (konstan). Dengan menggunakan nilai-nilai parameter tersebut dalam proses perhitungan, dihasilkan nilai limpasan ( $N$ ) yang hampir identik atau terduplikasi dengan data limpasan pengamatan ( $Nobs$ ) dengan nilai koefisien korelasi 0,997 (Gambar 4 dan Tabel 2). Penyimpangan terbesar terjadi pada bulan Juli sebesar 8 mm dan penyimpangan terkecil terjadi dalam bulan November dengan nilai setahun sebesar 2 mm.



Gambar 4. Perbandingan nilai limpasan hasil kalibrasi ( $N$ ) dengan nilai limpasan pengamatan ( $Nobs$ )



Gambar 5. Pola pengurasan air tanah di DAS Way Pia saat ini

Tabel 1. Masukan dan parameter model evapoklimatonomi hasil kalibrasi

Komponen	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nov	Des	Thnan	Rataan
<b>Masukan Model</b>														
P (mm)	107	97	143	189	230	336	403	290	195	115	90	118	2313	193
G (mm)	218	202	230	252	211	234	267	294	320	287	225	261	3001	250
Nobs(mm)	19	27	43	65	108	167	189	160	70	26	16	28	918	77
<b>Parameter Model</b>														
a	0.18	0.18	0.17	0.16	0.15	0.12	0.11	0.13	0.16	0.18	0.19	0.18		0.160
Pn (mm)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100		100
np	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23		0.23
ep	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42		0.420
vE	0.14	0.14	0.12	0.11	0.11	0.10	0.10	0.11	0.11	0.12	0.14	0.14		0.120
vN	0.08	0.08	0.13	0.13	0.23	0.38	0.43	0.43	0.23	0.08	0.08	0.08		0.197

Keterangan : np, ep, vE dan vN merupakan parameter tanpa dimensi

Tabel 2. Keluaran model neraca air pada kondisi saat ini di DAS Way Pia

Komponen	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nov	Des	Thnan	Rataan
m	264	282	294	305	317	326	336	257	235	222	214	238	272	
dm/dt	16	18	12	11	12	9	10	-69	-22	-13	-12	24	0	
E'	38	32	54	80	82	138	192	147	104	54	33	50	1004	84
E''	29	26	32	37	32	37	40	37	35	30	24	30	389	32
E	67	58	86	117	114	175	232	184	139	84	57	80	1393	116
N'	2	0	10	20	30	54	70	44	22	3	0	4	259	22
N''	21	23	38	40	73	120	127	110	52	18	19	20	661	55
N	23	23	48	60	103	174	197	154	74	21	19	24	920	77
Nobs	19	27	43	65	108	167	189	160	70	26	16	28	918	77
N-Nobs	4	-4	5	-5	-5	7	8	-6	4	-5	3	-4	2	

Nilai komponen neraca air pada kondisi saat ini hasil keluaran model (Tabel 2) menunjukkan bahwa lengas tanah rata-rata sebesar 272 mm. Bersamaan dengan mulai meningkatnya curah hujan pada bulan Desember, lengas tanah terus meningkat hingga mencapai maksimum pada bulan Juli sebesar 336 mm pada saat curah hujan maksimum. Nilai ini kemudian menurun seiring dengan mulai berkurangnya curah hujan hingga mencapai minimum pada bulan November sebesar 214 mm pada saat curah hujan terendah. Demikian pula pola limpasan dan evapotranspirasi mengikuti pola curah

hujan sebagai masukan massa yang utama bagi berlangsungnya kedua proses tersebut. Nilai bulanan limpasan maupun evapotranspirasi mencapai terendah pada saat curah hujan minimum dan mencapai nilai tertinggi pada saat curah hujan maksimum.

Total limpasan (N) tahunan sebesar 920 mm, terdiri limpasan langsung (N') sebesar 259 mm (35,97%) dan limpasan tidak langsung (N'') sebesar 661 mm (64,03%). Evapotranspirasi bulanan berkisar antara yang paling rendah (57 mm) pada saat kandungan air tanah minimum di bulan November hingga yang paling tinggi (232 mm) pada saat kandungan air tanah

mencapai maksimum pada bulan Juli. Tingginya radiasi surya di wilayah studi menyebabkan evapotranspirasi langsung ( $E'$ ) lebih besar dibandingkan dengan evapotranspirasi tidak langsung ( $E''$ ). Komponen  $E'$  memberikan kontribusi sebesar 72,07% (1004 mm), sedangkan komponen  $E''$  hanya memberikan kontribusi sebesar 27,93% (389 mm) terhadap total evapotranspirasi ( $E$ ) tahunan sebesar 1393 mm. Gambar 5 menyajikan tentang pola pengurasan air tanah di DAS Way Pia.

## 2. Eksperimentasi model

Nilai-nilai komponen neraca air (keluaran model) maupun parameter yang diperoleh dari hasil kalibrasi (Tabel 1 dan 2) mewakili atau menggambarkan keadaan tata air DAS Way Pia saat ini. Nilai-nilai tersebut dapat berubah atau bergeser dan akan membentuk keseimbangan air yang baru. Pembukaan hutan (wilayah DAS) akibat

kegiatan UPHHK-HA akan merubah proporsi penutupan lahan yang menyebabkan perubahan nilai-nilai parameter model (Tabel 3), selanjutnya merubah nilai komponen neraca air wilayah (Tabel 4). Nilai parameter model yang berubah adalah  $a$  dan  $np$  yang cenderung bertambah karena lahan yang terbuka akan meningkatkan daya pantul permukaan dan memicu terjadinya limpasan permukaan. Pembukaan hutan akan mengurangi peresapan air dan menyebabkan limpasan langsung bertambah besar sehingga dapat meningkatkan nisbah  $N'/N''$ . Dampak lanjutannya adalah terjadi penurunan kandungan air tanah. Nilai komponen neraca air keluaran model pada Tabel 4 maupun dari Tabel 2 sebagai pembanding digunakan untuk melihat perubahan neraca air wilayah yang terjadi. Dua komponen utama yang dibandingkan adalah kandungan air tanah dan limpasan, yang secara ringkas dikemukakan pada Tabel 5.

Tabel 3. Nilai parameter model yang berubah akibat perubahan tataguna lahan

Komponen	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nov	Des	Rataan	Ket.
$a$	0.19	0.19	0.18	0.17	0.16	0.13	0.11	0.14	0.17	0.19	0.19	0.19	0.166	B+
$P_n$ (mm)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	TB
$np$	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	B+
$ep$	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.420	TB
$vE$	0.14	0.14	0.12	0.11	0.11	0.10	0.10	0.11	0.11	0.12	0.14	0.14	0.120	TB
$vN$	0.08	0.08	0.13	0.13	0.23	0.38	0.43	0.43	0.23	0.08	0.08	0.08	0.197	TB

Keterangan : B+ = berubah/meningkat; TB = tidak berubah

Tabel 4. Keluaran model neraca air pada saat pembukaan hutan di DAS Way Pia

Komponen	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nov	Des	Thnan	Rataan
$m$	258	277	289	299	310	307	284	245	214	213	226	241	264	264
$dm/dt$	17	19	12	10	11	-3	-23	-39	-31	-1	13	15	0	
$E'$	39	32	54	80	82	138	192	147	105	54	33	50	1006	84
$E''$	26	26	31	36	32	36	39	36	33	29	24	29	377	31
$E$	65	58	85	116	114	174	231	183	138	83	57	79	1383	115
$N'$	2	0	11	23	34	61	79	49	25	3	0	5	292	24
$N''$	21	22	38	39	71	117	122	105	49	17	18	19	638	53
$N$	23	22	49	62	105	178	201	154	74	20	18	24	930	78

Tabel 5 menunjukkan bahwa pada skenario-2, perubahan penutupan lahan akibat pembukaan hutan untuk pembangunan jalan

dan infrastruktur lainnya serta kegiatan penebangan dalam 5 tahun pertama tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap



perubahan kadar air tanah (tidak melebihi 3%) tapi cukup signifikan terhadap peningkatan limpasan langsung ( $N'$ ) sebesar 13% (Gambar 6). Implikasinya, kegiatan penanaman (sesuai rencana kegiatan UPHHK-HA) harus segera dimulai ketika kegiatan pembukaan hutan (*land clearing*) dan penebangan dimulai. Proses limpasan lang-

sung akan lebih meningkat kuantitasnya ketika terjadi kejadian iklim ekstrim La-Nina yang dapat memicu terjadinya erosi, banjir dan sedimentasi. Sebaliknya ketika terjadi kejadian iklim ekstrim El-Nino, maka kadar air tanah maupun air permukaan cenderung akan berkurang.

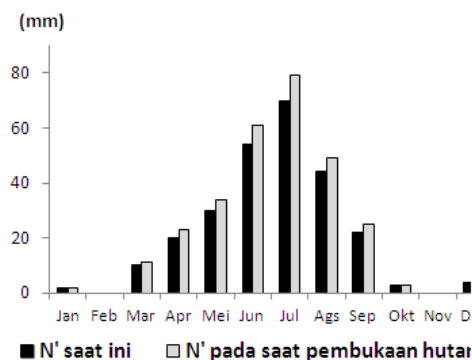
Tabel 5. Nilai tahunan kadar air tanah dan limpasan

Skenario	Komponen (Keluaran) Neraca Air (mm)							
	N'		N''		N		m	
1. Kondisi saat ini	259		661		920		272	
2. Kondisi pada saat pembukaan hutan	292		638		930		264	
Perubahan yang terjadi								
	N'		N''		N		m	
	mm	%	Mm	%	mm	%	mm	%
Skenario 2 – 1	+33	+13	-23	-4	+10	+1	-8	-3

$N'$  = limpasan langsung;  $N''$  limpasan tidak langsung; N = limpasan total, m = kadar air tanah, + = penambahan/peningkatan, - : pengurangan/penurunan

Kejadian iklim ekstrim di wilayah studi berpotensi terjadi, sesuai dengan hasil penelusuran data runtu waktu curah hujan bulanan yang tercatat di Stasiun Hujan Amahai sejak jaman kolonialisme Belanda tahun 1882 hingga kini. Data tersebut menunjukkan bahwa kecenderungan terjadinya curah hujan diatas normal (La-Nina) dapat berulang 3 – 8 tahun sekali dan curah

hujan dibawah normal (El-Nino) dapat berulang 3 – 10 tahun sekali (Laimheriwa, 2009). Dengan demikian tindakan-tindakan untuk meningkatkan daya adaptasi sistem (agroekosistem) terhadap kejadian iklim ekstrim tersebut perlu dibangun untuk meminimalkan dampak negatif yang timbul dan mengoptimalkan dampak positifnya.



Gambar 6. Limpasan langsung ( $N'$ ) pada kondisi saat ini dan ketika terjadi pembukaan hutan di DAS Way Pia

## KESIMPULAN

1. Hasil kalibrasi menghasilkan nilai rata-ran parameter model neraca air saat ini di DAS Way Pia adalah sebagai berikut : albedo permukaan,  $a = 0,16$ ; nilai ambang curah hujan,  $P_n = 100$  mm; faktor koreksi nisbah limpasan langsung,  $np = 0,23$ ; evaporiti atau kapasitas lahan memanfaatkan energi surya yang tersedia untuk menguapkan air,  $ep = 0,42$ ; ukuran kehilangan air dari bawah permukaan,  $vN = 0,12$ ; dan ukuran penguapan air tanah dari bawah permukaan,  $vE = 0,20$ .
2. Nilai tahunan komponen neraca air pada kondisi saat ini di DAS Way Pia adalah sebagai berikut : lengas (kadar air) tanah,  $m = 272$  mm; evapotranspirasi total,  $E = 1393$  mm ( $E' = 1004$ ;  $E'' = 389$  mm); dan limpasan total,  $N = 920$  mm ( $N' = 259$  mm;  $N'' = 661$  mm).
3. Berkurangnya proporsi penutupan lahan akibat pembukaan hutan akan meningkatkan nilai parameter albedo ( $a$ ) dan nisbah limpasan langsung ( $np$ ) masing-masing sebesar 0,006 dan 0,03 dibandingkan dengan kondisi saat ini.
4. Perubahan nilai komponen neraca air yang cukup signifikan akibat kegiatan pembukaan hutan adalah meningkatnya nilai limpasan langsung ( $N'$ ) sebesar 13% dibandingkan kondisi saat ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Angstrom, A. 1924. Note on the Relation Between Sunshine and Cloudness in Stockholm 1908-1920. *Archiv. Matemat. Astron. and Physic*, 17 No.15.
- Bey, A. 2003. Evapoclimatology Modelling of Four Restoration Stages Following Krakatau's 1883 Destruction. *J Ecological Modelling* 169:327-337.
- Badan Pusat Statistik (BPS) Maluku. 2009. Maluku Dalam Angka. BPS Provinsi Maluku, Ambon.
- Badan Pusat Statistik (BPS) Maluku. 2010. Maluku Dalam Angka. BPS Provinsi Maluku, Ambon.
- Departemen Kehutanan. 2002. Data dan Informasi Kehutanan Provinsi Maluku. Pusat Inventarisasi dan Statistik Kehutanan, Badan Planologi Kehutanan, Dephut RI, Jakarta.
- Doorenbos, J and A. H. Kassam. 1979. Yield Response to Water. FAO Irrigation and Drainage Paper No.33. FAO United Nations, Rome.
- Glover, J and J.S.G. McCulloch. 1958. The Empirical Relation Between Solar Radiation and Hours of Sunshine. *Quart. J.Royal Met.Soc.*, 84:172-175.
- Laimeheriwa, S. 1994. Analisis Neraca Air Menggunakan Model Evapotranspirasi dan Topog\_Yield di Sub DAS Citere – Jawa Barat. [Tesis] IPB, Bogor.
- Laimeheriwa, S. 2009. Iklim. Dalam Dokumen Andal: Ijin Usaha Pemanfaatan Hasil Hutan Kayu pada Hutan Alam (IUPHHK-HA) di Kabupaten Maluku Tengah Provinsi Maluku Bab 3. PT. APL, Ambon.
- Lettau, H.H and M.W. Baradas. 1973. Evapotranspiration Climatology II : Refinement of Parameterization. Exemplified by Application to the Mabacah River. Watershed. *Mon. Wea. Rev.* 101. p 639-649.
- List, R.J. 1968. Smithsonian Meteorological Tables. 6<sup>th</sup> Revised Edit. Smithsonian Miscellaneous Collections. Smithsonian Inst. Press; Washington.
- Mather, J. R. 1978. The Climatic Water Budget in Environmental Analysis. Lexington Books. Toronto.
- Oldeman, L. R and M. Frere. 1980. A Study of the Agroclimatology of the Humid Tropics of Southeast Asia. Tech. Report, FAO, Rome.

- PT. Albasi Priangan Lestari. 2009. Dokumen Andal: Ijin Usaha Pemanfaatan Hasil Hutan Kayu pada Hutan Alam (IUPHHK-HA) di Kabupaten Maluku Tengah Provinsi Maluku. PT. APL, Ambon.
- Sahetapy, J. 2009. Tanah. Dalam Dokumen Andal: Ijin Usaha Pemanfaatan Hasil Hutan Kayu pada Hutan Alam (IUPHHK-HA) di Kabupaten Maluku Tengah Provinsi Maluku Bab 3. PT. APL, Ambon.
- Silaya, T. 2009. Bentuk Hutan dan Penutupan Lahan. Dalam Dokumen Andal: Ijin Usaha Pemanfaatan Hasil Hutan Kayu pada Hutan Alam (IUPHHK-HA) di Kabupaten Maluku Tengah Provinsi Maluku Bab 3. PT. APL, Ambon.